

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. A. LACROIX

PROFESSEUR DE MINÉRALOGIE AU MUSÉUM

PARIS

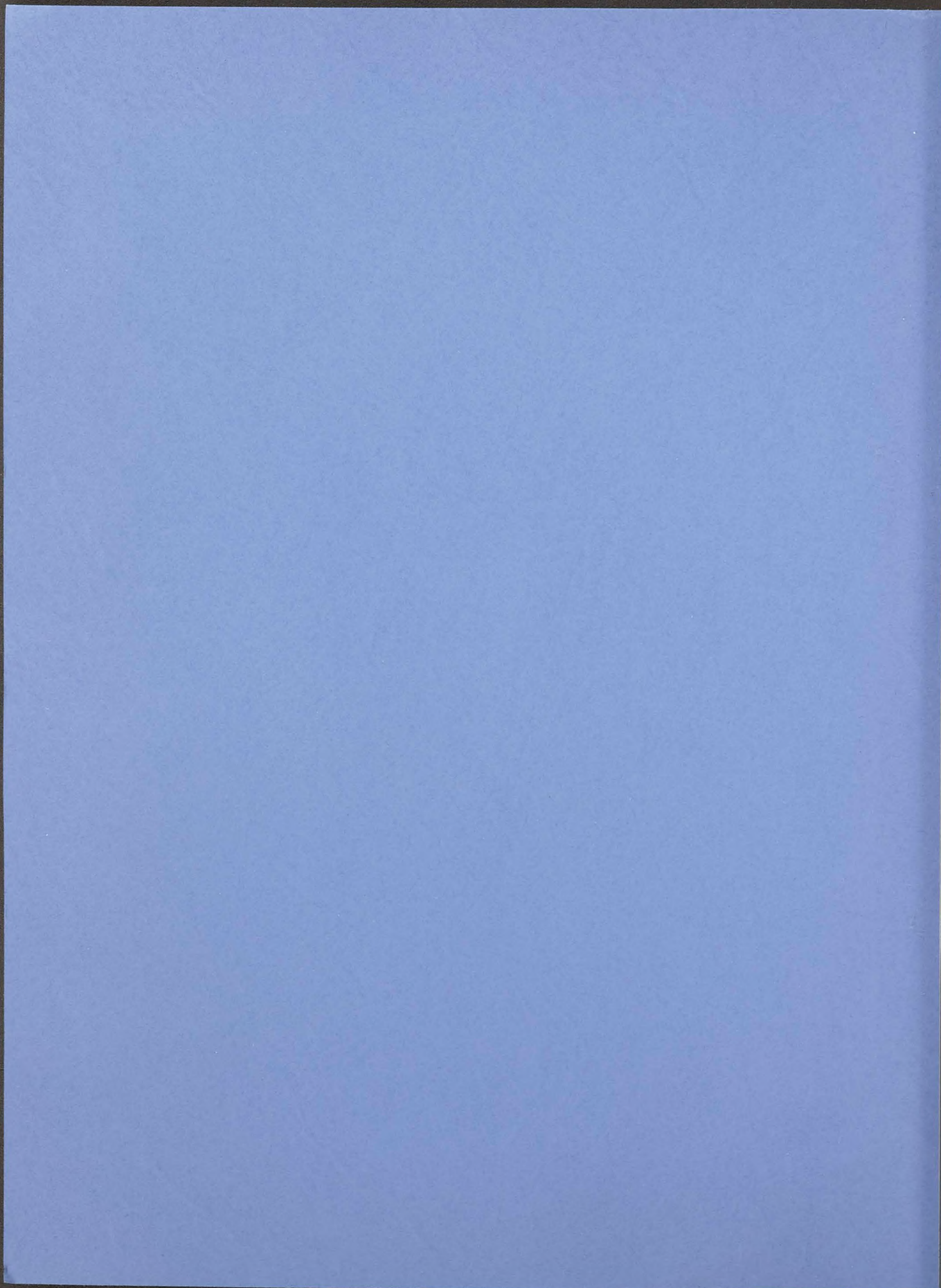
LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE BAUDRY ET C^e, ÉDITEURS

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

MAISON A LIÈGE, RUE DE LA RÉGENCE, 21

JUIN 1897

*Accompli
7 h*



JSL
RTL014363

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. A. LACROIX

PROFESSEUR DE MINÉRALOGIE AU MUSÉUM

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE BAUDRY ET C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

MAISON A LIÈGE, RUE DE LA RÉGENCE, 21

JUIN 1897

MACON, PROTAT FRÈRES, IMPRIMEURS.

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. A. LACROIX

Professeur de Minéralogie au Muséum.

L'objet principal de mes travaux scientifiques a été l'étude des propriétés cristallographiques, optiques et chimiques des minéraux, ainsi que toutes les questions qui se rapportent à leur histoire naturelle.

De bonne heure, j'ai été engagé dans cette voie par mon grand-père, qui, dans sa jeunesse, avait été préparateur de Vauquelin au Muséum, puis j'ai été encouragé et initié aux méthodes modernes par mes maîtres, MM. Des Cloizeaux, Fouqué et Michel Lévy.

La plupart de mes travaux de laboratoire ont été précédés et souvent inspirés par des recherches approfondies sur le terrain, non seulement en France, mais encore à l'étranger.

Grâce à plusieurs missions dont j'ai eu l'honneur d'être chargé par le *Ministère de l'Instruction publique*, le *Muséum d'histoire naturelle* et l'*École des Hautes-Études*, j'ai pu explorer, au point de vue minéralogie, la *Suède* et la *Norvège*, l'*Angleterre*, l'*Écosse* et l'*Irlande*, l'*Allemagne*, la *Suisse*, l'*Italie*, l'*Ile d'Elbe* et la *Sardaigne*, la *Grèce*, les *Cyclades*, la *côte septentrionale de l'Asie Mineure*, une grande partie de l'*Amérique du Nord* et particulièrement les *côtes de l'Atlantique*, le *Canada*, la *région des Grands Lacs*, le *Yellowstone-Park*, les *Montagnes Rocheuses*, le *Colorado*, etc.

Dans ces diverses régions, j'ai non seulement visité les gisements

connus, mais encore j'ai fait de nombreuses recherches personnelles, étudié les collections publiques et particulières, acquérant ainsi une connaissance des minéraux qui m'est d'un précieux secours pour le classement et l'étude de la grande Collection nationale, aujourd'hui confiée à mes soins.

Depuis neuf ans, je suis attaché au Service de la Carte géologique détaillée de la France et plus spécialement chargé de l'étude des terrains éruptifs et métamorphiques des *Pyrénées*. Le siège de mes recherches est particulièrement la haute région inhabitée, frontière de l'Andorre et de l'Espagne, jusqu'à présent vierge de toute exploration minéralogique détaillée.

Au point de vue de l'enseignement, j'ai inauguré en 1884, puis continué pendant neuf années, dans le laboratoire de Minéralogie du Collège de France, des conférences sur les propriétés optiques des minéraux, appliquées à l'étude des roches, conférences rattachées en 1891 à l'enseignement de la Faculté des Sciences.

Appelé en 1893 à succéder à mon maître M. Des Cloizeaux dans la chaire de Minéralogie du Muséum, j'ai organisé un laboratoire d'enseignement et de recherches dans lequel depuis lors des savants français et étrangers ne cessent d'effectuer chaque année des travaux minéralogiques sur des sujets variés.

Les ouvrages et mémoires que j'ai publiés correspondent aux quatre grandes divisions suivantes :

- I. Minéralogie générale ;
 - II. Études sur le mode de formation des minéraux et des roches métamorphiques ;
 - III. Études minéralogiques sur les roches ;
 - IV. Géologie.
-

I. MINÉRALOGIE

I. MINÉRALOGIE GÉNÉRALE

1^o MINÉRALOGIE DE LA FRANCE ET DE SES COLONIES

La France est généralement considérée comme fort pauvre en minéraux. Le fait paraît étrange, quand on jette les yeux sur une carte géologique de notre pays, et que l'on constate le grand développement qu'y prennent les schistes cristallins et les formations paléozoïques, les roches éruptives anciennes et les roches volcaniques modernes.

Il n'est pas nécessaire cependant d'étudier bien à fond les Pyrénées, la Bretagne, le Plateau Central, le Dauphiné ou les Vosges, pour s'assurer que cette pauvreté en minéraux n'est qu'apparente, qu'elle est une conséquence du peu de faveur dont jouissent chez nous les études minéralogiques sur le terrain et les exploitations minières.

En entreprenant ma *Minéralogie de la France*, je me suis proposé tout d'abord de coordonner les observations personnelles que j'ai recueillies dans les diverses parties de la France¹, de les joindre à celles qui ont été faites antérieurement et de dresser l'inventaire de toutes les richesses minéralogiques de notre pays.

Chaque minéral est devenu ainsi l'objet d'une monographie spéciale dans laquelle je l'ai considéré au point de vue de toutes ses propriétés générales, apportant souvent un grand nombre d'observations nouvelles sur ses propriétés cristallographiques, optiques ou chimiques. J'ai cherché, et c'est là un des côtés originaux de mon livre, à préciser toutes les conditions géologiques de ses gisements.

1. Un certain nombre d'entre elles ont fait l'objet de communications insérées aux *Comptes Rendus* ou dans le *Bulletin de la Société française de Minéralogie*.

Après avoir divisé et caractérisé ces divers gisements d'une façon aussi nette que possible, j'ai étudié chacun d'eux en particulier, m'efforçant de mettre en lumière les formes ou les propriétés spéciales aux minéraux qu'ils renferment.

Je ne me suis pas contenté, comme on le fait généralement dans les traités classiques de Minéralogie, d'étudier les minéraux se présentant en gros échantillons, je les ai suivis dans toutes leurs manières d'être, et j'ai étudié notamment en détail le rôle qu'ils jouent dans la constitution des roches.

Sous son titre particulier, mon livre est devenu ainsi, pour toutes les espèces qui y sont décrites, un véritable traité de Minéralogie¹, rédigé sur un plan nouveau.

Il est facile de constater la quantité de documents personnels qu'il renferme en comparant, par exemple, la liste des gisements de chaque espèce étudiée avec la mention qui est consacrée à celle-ci dans les ouvrages de Minéralogie descriptive les plus récents.

Le tome I et la première partie du tome II aujourd'hui publiés renferment l'étude des silicates et des titanates. La fin du tome II, qui paraîtra dans quelques semaines, est consacrée à la description des corps simples natifs, des carbures, phosphures, arséniures, sulfures, sulfosels, chlorures et fluorures.

2^e ÉTUDE DES PROPRIÉTÉS OPTIQUES DE MINÉRAUX

Je me suis attaché à déterminer les propriétés optiques d'un certain nombre de minéraux rares dont j'ai eu l'occasion de visiter les gisements ou de trouver des échantillons originaux dans les collections du Muséum ou de l'École des Mines. Beaucoup de ces espèces avaient jusqu'à présent résisté aux anciennes méthodes d'investigation, à cause de leur peu de transparence, de la petitesse des cristaux ou de l'absence de formes géométriques.

C'est ainsi que j'ai pu montrer que l'*arséniosidérîte* et la *carpho-*

1. Qu'il me soit permis de rappeler que M. Des Cloizeaux avait bien voulu me prendre pour collaborateur du dernier volume de son Manuel de Minéralogie, publié en 1893.

sidérite sont hexagonales et à un axe négatif, que l'*alunite* est positive, contrairement à ce qui était admis jusqu'ici.

Le *titanolivine*, chimiquement décrit par M. Damour, est une olivine dont une partie de la silice est remplacée par de l'acide titanique. Les propriétés optiques m'ont conduit à considérer ce minéral, soit comme rhombique avec macles suivant une face prismatique à symbole compliqué, soit comme monoclinique et analogue alors aux humites avec lesquelles il présente une remarquable analogie de pléochroïsme.

J'ai montré que la *crocidolite* est très répandue dans la nature, soit comme élément secondaire, soit comme élément primordial des roches les plus diverses. Par ses propriétés optiques, elle constitue avec la riebeckite un groupe à part dans la famille des amphiboles. Ce groupe est comparable à celui des œgyrines dans la famille des pyroxènes.

J'ai décrit de curieux groupements à axes parallèles d'andalousite et de sillimanite qui s'expliquent facilement par les valeurs très voisines des paramètres de ces deux espèces minérales.

La *warwickite* est un borosilicate de fer et de magnésie, dont j'ai pu déterminer le système cristallin (rhombique), grâce à des lames extrêmement minces, le minéral étant de couleur très foncée ; cet examen fait voir en outre que la composition admise est certainement inexacte, en raison du grand nombre d'inclusions de fer titané que renferment ses cristaux.

L'étude de la *diopase* du Congo m'a permis de montrer que ce minéral n'est pas rhomboédrique, comme semblent l'indiquer ses formes extérieures, mais que son réseau élémentaire est réellement rhombique. Les groupements intérieurs, fort remarquables, sont du genre de ceux qui ont été décrits par Mallard dans un grand nombre de substances pseudorhomboédriques. Ils sont, dans la diopase du Congo, d'une grande netteté.

J'ai découvert dans les Pyrénées, les Vosges, la Bretagne, des grenats grossulaires ou mélanites présentant de remarquables propriétés optiques biréfringentes, analogues à celles de la pyrénéite décrites par Mallard.

L'étude des minéraux de la famille des natrolites m'a conduit à montrer la fréquence dans la mésotype et l'existence dans l'edingtonite de

groupements pseudoquadratiques, aboutissant à l'uniaxialité ; j'ai en outre déterminé les propriétés optiques de la mésolite triclinique.

Les propriétés optiques de la brushite et de la métabrushite ont pu être abordées grâce à la découverte d'un curieux gisement de formation actuelle dont il sera question plus loin ; elles sont très analogues à celles de la pharmacolite, arséniate avec lequel elles semblent isomorphes.

J'ai déterminé les propriétés optiques d'un grand nombre de minéraux fibreux ou dépourvus de formes géométriques (*planérite*, *variscite*, *davreuxite*, *grünérite*, *gamsigradite*, *withamite*, *bowlingite*, *chlorastrolite*, etc.).

Beaucoup de substances considérées comme amorphes ou terreuses se résolvent au microscope en éléments cristallins. J'ai fait voir combien est fréquente dans celles-ci la structure micacée submicroscopique. Les minéraux auxquels il est fait allusion (argiles diverses, nontronite, magnésite (écume de mer), chromocroce, glauconie, céladonite, bavalite, aérinite, etc.) possèdent tous la particularité d'avoir une bissectrice aiguë négative plus ou moins normale à leur clivage micacé.

Enfin, dans deux ouvrages publiés en collaboration avec M. Michel Lévy (*Les Minéraux des roches* et *Tableaux des Minéraux des roches*), nous nous sommes occupés de déterminer les constantes optiques de tous les minéraux entrant dans la composition des roches, d'une façon plus ou moins fréquente. Nous avons ainsi fourni une très grande quantité de documents nouveaux, surtout en ce qui concerne les indices de réfraction.

3^e ÉTUDES CRISTALLOGRAPHIQUES

J'ai effectué un grand nombre de mesures cristallographiques qui ont eu particulièrement pour but l'étude des formes cristallines de divers minéraux provenant de gisements français. Les résultats concernant les silicates et titanates sont actuellement publiés dans les deux premiers volumes de ma *Minéralogie de la France* ainsi que dans quelques notes spéciales.

Parmi ces dernières, je citerai seulement celle qui est consacrée à des pseudomorphoses régulières de pyrrhotine en marcasite provenant de la

mine de Pontpéan. Les prismes hexagonaux de pyrrhotine aplatis suivant la base sont remplacés par de petits cristaux de marcasite eux-mêmes aplatis parallèlement à leur base et orientés d'après la loi suivante : leur base repose sur une des faces prismatiques de la pyrrhotine ; leur axe binaire *a* coïncide avec l'axe sénnaire de celle-ci, et leur axe *b*, avec l'un des axes binaires du même minéral.

4^e ÉTUDE D'ESPÈCES CRITIQUES

Tous ceux qui ont parcouru les listes d'espèces minérales données à la fin des traités de Minéralogie ont été frappés du grand nombre de noms bizarres et souvent peu connus qui encombrent la nomenclature minéralogique.

Cette abondance de noms tient à ce que les anciens minéralogistes, n'ayant pas à leur disposition le microscope et l'étude des propriétés optiques, ont dû, pour décrire les minéraux, se contenter de l'analyse chimique et de l'examen cristallographique ; la composition chimique restant, en l'absence de formes géométriques déterminables, le seul caractère important.

Il suffit d'examiner une lame mince, taillée dans un minéral transparent quelconque, pour s'assurer que les inclusions de tous genres sont abondantes, même dans les cristaux en apparence parfaitement purs ; à plus forte raison trouve-t-on des impuretés dans les minéraux confusément cristallisés ou dépourvus de transparence ; les particules étrangères peuvent même arriver à constituer une partie notable en poids du minéral étudié. On comprend dans ces conditions que des essais chimiques ne peuvent conduire à des résultats satisfaisants, que s'ils sont effectués sur des matières absolument pures, et l'on s'explique pourquoi des minéraux, spécifiquement semblables, ont été considérés parfois comme constituant des espèces *différentes*, alors que des espèces *différentes* étaient rapprochées les unes des autres.

L'étude microscopique vient à cet égard rendre les plus grands services comme moyen permettant de vérifier le degré de pureté d'un minéral ;

elle conduit en outre à la détermination de ses propriétés optiques et à l'établissement de sa place normale dans la nomenclature.

Sur le conseil de M. Des Cloizeaux et sous sa direction, je me suis attaché à étudier toutes les espèces critiques dont j'ai pu me procurer des échantillons authentiques.

C'est ainsi que j'ai établi l'identité de la *dréelite* et de la *barytine*, de la *xantholite* et de la *staurotide*, de la *botryolite* et de la *datholite*, de la *scolérite* et de la *thomsonite*, montré que la *harringtonite*, la *kirwanite*, la *chalilite*, la *hullite*, l'*hydrotéphroïte*, l'*anthophyllite hydratée*, la *ptérolite*, la *grägesite*, etc., n'étaient pas des espèces minérales définies, mais des mélanges de divers minéraux cristallisés avec ou sans produits colloïdes, que la *villarsite* était une *olivine* imparfaitement serpentinisée, que les minéraux décrits sous le nom de *chloritoïde*, *ottrelite*, *sismondine*, *venasquite*, *phyllite*, etc., possédaient des propriétés optiques extrêmes voisines et ne constituaient que des variétés d'une même espèce, que la *thaumasite* n'était pas un mélange, mais bien une espèce minérale définie dont j'ai déterminé les propriétés, etc.

J'ai montré l'identité probable de l'iddingsite et de la bowlingite. J'ai rapporté à deux types à propriétés distinctes (l'antigorite et le chrysotile) les nombreuses variétés de serpentine auxquelles des noms spéciaux ont été donnés autrefois et j'ai étudié les particularités de structure propres à chacune d'entre elles.

5° DESCRIPTION DE MINÉRAUX NOUVEAUX OU PEU CONNUS

J'ai découvert aux environs de Mâcon, et en grande abondance, un minéral trouvé uniquement jusqu'à ce jour au Groënland, décrit par Breithaupt sous le nom de *carphosidérite* et considéré par lui comme un sulfophosphate de fer hydraté. J'ai pu faire voir que l'acide phosphorique y est accidentel et que le minéral est en réalité un sulfate de sesquioxyde de fer hydraté dont les propriétés optiques et la formule chimique ont été déterminées. Depuis lors, j'ai retrouvé le même minéral dans des échantillons provenant du Laurium (Grèce) et du Mexique.

La *Bobierrite* du guano du Chili est un phosphate de magnésie hydraté

dont j'ai déterminé la composition et les propriétés optiques ; il est isomorphe de la vivianite et constitue l'équivalent phosphaté de la hörnésite. Dans les guanos de la même région, j'ai trouvé un oxalate de soude et d'ammoniaque orthorhombique.

L'étude des minéraux accompagnant l'étain oxydé à Montebbras m'a conduit à la découverte de deux minéraux nouveaux, produits aux dépens de l'amblygonite ; l'un est un fluophosphate de soude et d'alumine (*morinite*) ; il est monoclinique ; l'autre, excessivement rare, est un phosphate d'alumine et de soude ; il est quadratique.

J'ai décrit un sulfate de baryte (*Michel-Lévite*), que j'ai recueilli au Canada, et qui possède d'intéressantes particularités optiques.

J'ai étudié et nommé un minéral nouveau du groupe des épidotes provenant de l'Inde. Il possède la composition chimique de la zoïsité et des propriétés optiques différentes de celles de l'épidote normale.

Enfin, j'ai décrit sous le nom de gonnardite, une zéolite abondante dans deux gisements du Puy-de-Dôme, qui offre une composition intermédiaire entre celle de la mésolite et celle du mésole, mais dont les propriétés optiques présentent des caractères spéciaux.

6° MÉMOIRES SUR LES MINÉRAUX DU GROUPE DES WERNÉRITES

Les wernérites constituent un groupe de minéraux quadratiques que j'ai particulièrement étudié au point de vue de leurs propriétés optiques et du rôle qu'ils jouent dans la nature.

J'ai montré que, dans ces minéraux, la valeur de l'indice ordinaire et celle de la biréfringence augmentent avec la teneur en chaux. Les valeurs de la biréfringence, différentes dans les divers types du groupe (*meïonite*, *scapolite*, *dipyre*), sont précieuses pour permettre de les distinguer les uns des autres quand ils sont engagés dans les roches.

Au point de vue de la nature du gisement, les wernérites se rencontrent : 1° dans les cipolins des gneiss ou les gneiss pyroxéniques qui leur sont associés ; 2° dans les roches sédimentaires modifiées, soit par métamorphisme général, soit par métamorphisme de contact ; 3° dans les

roches éruptives basiques où elles résultent de la transformation des feldspaths. J'ai suivi les wernérites dans ces divers gisements et montré le rôle qu'elles y jouent. Dans mon mémoire sur *les gneiss à pyroxène et les roches à wernérite*, j'ai montré la grande dissémination du premier genre de gisement en prenant mes exemples dans les régions françaises et étrangères que j'ai visitées. Depuis lors, mes propres observations et celles de plusieurs savants étrangers sont venues généraliser encore mes conclusions.

Mes recherches dans les Pyrénées m'ont permis en outre d'apporter de nouveaux documents sur le mode de production des wernérites dans les calcaires secondaires, modifiés au contact de la lherzolite et des ophites. Il en sera question plus loin page 19.

On verra en outre plus loin le résultat de mes observations sur le mode de formation des wernérites par voie secondaire.

C'est évidemment dans les Pyrénées qu'il est le plus facile d'étudier les minéraux du groupe des wernérites que j'ai souvent rencontrés dans toutes leurs diverses manières d'être, sur une distance de quelques kilomètres.

7^e MÉMOIRES SUR LES MINÉRAUX DU GROUPE DES ZÉOLITES

Les minéraux du groupe des zéolites se rencontrent en grande abondance dans les roches les plus diverses; leur détermination dans les lames minces de roches au moyen de leurs propriétés optiques est souvent fort difficile.

J'ai cherché à établir le diagnostic différentiel de chacune des zéolites et à fixer les propriétés optiques de quelques espèces peu connues à ce point de vue. Les caractères tirés de la biréfringence, de la réfringence, des directions d'allongement, m'ont servi particulièrement pour arriver à la détermination spécifique de ces minéraux en l'absence de formes cristallines déterminables.

Depuis fort longtemps, on connaissait dans les Pyrénées quelques gisements de zéolites. Mes recherches permettent de montrer que ces minéraux sont extrêmement abondants dans toute l'étendue de cette

chaîne de montagnes, et qu'ils s'y rencontrent dans les gisements les plus divers; je les ai en effet trouvés dans les roches éruptives basiques, les gneiss, les micaschistes, les schistes paléozoïques, les calcaires paléozoïques et même les calcaires jurassiques plus ou moins modifiés par action de contact de la lherzolite et des ophites.

Les espèces les plus communes sont : la *chabasie* et la *stilbite*; on trouve plus rarement la *heulandite*, l'*analclime*. La *prehnite* se rencontre dans des conditions analogues. Enfin j'ai recueilli récemment, en grande abondance, la *breuwstérite*, dans les calcaires paléozoïques des environs de Luz et de Barèges. Quant à l'*harmotome*, la *christianite*, la *thomsonite* et l'*hydronéphélite*, elles ne se présentent que fort rarement et dans des gisements très circonscrits.

Les Pyrénées peuvent être aujourd'hui considérées comme une région classique au point de vue des gisements remarquables de zéolites.

8° ÉTUDE DE DIVERS MINÉRAUX

En outre des mémoires publiés sur des minéraux nouveaux ou peu connus qui ont été rappelés plus haut, j'ai étudié diverses espèces minérales, provenant pour la plupart de gisements découverts ou étudiés spécialement par moi au cours de mes voyages à l'étranger.

J'ai montré que la *calamine* de Wanlockhead (Écosse) et la *smithsonite* du Laurium (Grèce), de même que celle de Pierrefitte dans les Hautes-Pyrénées, devaient leur belle couleur jaune citron à des inclusions de *greenockite* (sulfure de cadmium), pulvérulente.

Dans le même gisement de Wanlocklead, j'ai découvert un hydrocarbonate de plomb en lamelles hexagonales, à un axe négatif, identique à l'*hydrocérusite*, qui venait d'être décrite par M. A. E. Nordenskiöld à Langban (Suède). Ce minéral est associé, en Écosse, à un carbonate de chaux rhomboédrique, riche en carbonate de plomb, et aux dépens duquel il s'est souvent formé. Des analyses ont montré les variations de composition de cette *plumbocalcite*; elles entraînent des différences dans la densité et dans l'angle du rhomboèdre.

J'ai découvert des cristaux d'*harmotome*, présentant une forme remar-

quable et accompagnant la prehnite dans les mélaphyres de Bowling, aux environs de Glasgow.

Un grand nombre de *micas* offrent les phénomènes de l'astérisme; celui des gisements d'apatite de Templeton (Canada) est dans ce cas; j'ai montré que ce phénomène était lié à l'existence d'innombrables aiguilles de *rutile* extrêmement minces, disposées parallèlement aux faces m , h^1 , g^1 , g^2 du mica. Par l'action successive de l'acide chlorhydrique, puis de la potasse caustique, il m'a été possible d'isoler ces inclusions et d'en faire l'étude chimique.

Les *anthophyllites* constituent dans la famille des amphiboles un groupe orthorhombique dont les propriétés optiques sont bien connues depuis les travaux de M. Des Cloizeaux. J'ai étudié les *anthophyllites* de divers gisements (Norvège, Écosse, etc.) et fait voir que les unes se rapportent au type à bissectrice *positive* (*anthophyllite proprement dite*) et les autres au type à bissectrice *négative* (*gédrite*). Ces deux types peuvent être respectivement parallélisés dans la série des pyroxènes rhombiques avec l'enstatite et l'hypersthène.

A San Peters' Dome (Colorado), j'ai eu l'occasion de visiter d'intéressants gisements de *cryolite*, formant des filonnets dans une roche granitique riche en *albite*, en *zircon*, *pyrochlore*, *astrophyllite* et *amphibole sodique* dont j'ai démontré l'identité avec la *riebeckite*. Cette roche est remarquable par sa haute teneur en soude et par sa structure, rappelant celle des syénites néphéliniques. Elle pourrait être comparée à une syénite néphélinique dont la néphéline serait remplacée par du quartz.

Dans mon voyage en Norvège, en étudiant les filons de pegmatite, si abondants sur la côte ouest et sud-ouest du golfe de Kristiania, j'ai pu montrer que les beaux cristaux d'*albite* que l'on y rencontre sont d'origine secondaire, qu'ils épigénisent progressivement le *microcline*; cette observation peut servir à expliquer l'origine de beaucoup des filonnets d'*albite* dont M. Des Cloizeaux a signalé la fréquence dans le *microcline* d'un nombre considérable de gisements.

Sous le nom de *gyrolite*, on désigne généralement une zéolite calcique non alumineuse, voisine de l'apophyllite. J'ai observé dans plusieurs collections, sous le nom de *gyrolite* du Stirlingshire, un minéral lamellaire dont j'ai pu démontrer l'identité avec une variété lamellaire de *thomsonite*,

que j'ai rencontrée à Bishopton en Écosse, associée à de nombreuses autres zéolites.

M. Lovisato m'a remis des échantillons de minéraux, rapportés par lui du canal de Beagle (Terre de Feu). L'un d'eux était constitué par une *épidote* blanche très alumineuse dans laquelle le fer est à l'état de protoxyde.

Les granulites géodiques des Mourne Mountains en Irlande sont riches en minéraux rares (*béryl*, *topaze*, *fayalite*, etc.); j'y ai trouvé, en outre, la *gadolinite* qui n'était pas connue encore dans cette partie de l'Europe.

Nous avons décrit, M. Michel Lévy et moi, un nouveau gisement de *dumortierite* que j'ai rencontré à Tvedestrand (Norvège). Ce minéral est associé à de la cordiérite dans laquelle il détermine des auréoles polychroïques intenses.

Enfin j'ai découvert aux environs de Mayen (Prusse rhénane) le second gisement connu de *christobalite*, forme quadratique, pseudocubique, de silice anhydre, elle y accompagne la tridymite et le quartz à la surface des fragments de quartz englobés par la roche volcanique de ce gisement; comme ces deux autres minéraux, elle est de formation récente.

II. ÉTUDES SUR LE MODE DE FORMATION DES MINÉRAUX ET DES ROCHES MÉTAMORPHIQUES

1° MÉTAMORPHISME DE CONTACT

Un grand nombre de roches éruptives déterminent dans les roches avec lesquelles elles se trouvent en contact des transformations minéralogiques plus ou moins intenses (*métamorphisme exomorphe*), plus rarement, elles subissent à leur tour des modifications par suite de la réaction exercée sur elles par les roches traversées (*métamorphisme endomorphe*).

Non seulement l'étude du métamorphisme est du plus haut intérêt à cause des multiples minéraux auxquels celui-ci donne naissance dans des conditions qu'il est possible de déterminer exactement, mais encore elle a une grande importance théorique en éclairant la question de la genèse des roches.

Les mémoires que j'ai publiés sur ce sujet et qui constituent une partie notable de mon œuvre scientifique se rapportent aux divers sujets suivants :

MÉTAMORPHISME ENDOMORPHE DU GRANITE

Dans la haute Ariège, j'ai décrit des contacts granitiques dans lesquels d'épais bancs de calcaires paléozoïques ont été englobés par le granite après dissolution des schistes au milieu desquels ils étaient intercalés. Ils ont été métamorphisés et, en outre, très corrodés par le magma granitique ; leur épaisseur est, par place, très réduite et même, en plusieurs

points, leur continuité a été interrompue; leurs lambeaux se trouvent alors au milieu du granite et, de même que les îlots schisteux qui les accompagnent, ils restent encore orientés comme la masse principale.

Au contact de ces calcaires, le granite présente des modifications considérables; il perd ses grands cristaux porphyroïdes de microcline, se charge d'amphibole; puis les éléments colorés augmentent; la roche prend l'apparence d'une *diorite micacée*; enfin, les éléments blancs disparaissant, la roche compacte, devenue très dense, ne paraît plus constituée que par de l'amphibole et du mica avec ou sans hyperstène ou péridot. Il n'est pas douteux que toutes ces roches ne soient des transformations du granite; elles forment une auréole continue et constante au calcaire; les types non feldspathiques ne s'observent que là où celui-ci a été le plus réduit et particulièrement là où leur continuité a été interrompue. Toutes ces roches passent les unes aux autres, tantôt sur un affleurement de plusieurs centaines de mètres et tantôt sur quelques mètres seulement. L'étude stratigraphique ne permet pas un seul instant de supposer qu'il s'agisse de roches éruptives originellement différentes et de production successive.

Ces observations peuvent se résumer dans la formule suivante dont on appréciera toute la portée au point de vue de l'histoire des magmas produisant les roches éruptives : *un magma granitique peut, avant sa consolidation définitive, absorber des quantités considérables d'assises sédimentaires qui, par leur influence chimique, transforment sa composition d'une façon assez radicale pour donner naissance à une série de types pétrographiques tels que : granite amphibolique, diorite quartzifère, diorite micacée, norite avec ou sans olivine, hornblendite et même périodite, c'est-à-dire pour lui faire parcourir la série presque complète des types de roches éruptives grenues.*

Ces observations apportent une confirmation aux idées émises par M. Michel Lévy sur les relations probables d'origine des diorites et du granite qui, dans le Beaujolais et en Auvergne, sont associés aux cornes vertes précambriennes.

L'intensité grandiose de ces phénomènes endomorphes observés au contact du granite sont à opposer à l'absence totale de modifications de cet ordre dans la lherzolite des Pyrénées à son contact avec les calcaires

secondaires qu'elle métamorphise cependant avec une intensité remarquable.

MÉTAMOPHISME EXOMORPHE

Granite. — Dans toutes les Pyrénées françaises, le granite à son contact immédiat transforme les calcaires en bancs de grenat massif, accompagné d'idocrase, de wollastonite et de pyroxène, etc. Quand la silicatisation des calcaires n'est pas complète, les grenats et l'idocrase se présentent en superbes cristaux dans le calcaire marmoréen.

J'ai observé ces phénomènes sur plus de 50 kilom. dans les Hautes-Pyrénées et dans beaucoup de points des Basses-Pyrénées, de l'Ariège et des Pyrénées-Orientales; ils présentent donc une grande généralité, et les Pyrénées méritent de devenir classiques à cet égard.

Les calcaires argiloschisteux se transforment en cornéennes de composition et de structure des plus variées, souvent feldspathiques parfois amphiboliques ou pyroxéniques. Les grès deviennent des quartzites riches en mica noir, en andalousite, en sillimanite ou en cordiérite. Les schistes argileux présentent les transformations habituelles en cornéennes à andalousite, sillimanite, staurotide, en schistes micacés noduleux, etc. Mais les gisements que j'ai étudiés se recommandent surtout par l'intensité des phénomènes remarquables de *feldspathisation*, de *gneissification* de ces schistes; ils montrent que loin d'être une exception ces phénomènes, décrits pour la première fois par M. Michel Lévy qui a basé sur eux sa théorie des gneiss, sont au contraire d'une très grande généralité. Les schistes granitisés de la haute Ariège passent insensiblement au granite par l'intermédiaire de gneiss granitiques ou de granites gneissiques au milieu desquels on trouve des paquets de schistes moins transformés ayant conservé l'orientation des schistes peu modifiés, ce qui indique nettement que le granite a été mis en place lentement, sans à coup, par absorption des roches dont il a pris la place.

J'ai montré en outre ce fait nouveau que dans la même région sur près de 30 kilom. (environs de Barèges), l'intrusion du granite a été suivie par de véritables *fumerolles borées*, ayant donné naissance à des filonnets d'*axinite*, riches en cristaux à formes variées; ils constituent parfois des

roches compactes qui ont été décrites autrefois sous le nom de *limurite*, d'après des échantillons erratiques trouvés dans la vallée de l'Adour et dont j'ai pu ainsi fixer l'origine.

Syénites néphéliniques. — Les calcaires siluriens des environs de Montréal (Canada), traversés par la syénite néphélinique m'ont fourni les matériaux d'un mémoire dans lequel j'ai montré comment, au contact de la roche éruptive, ils se chargent de pyroxène, de wollastonite, de grenat mélanite, de pérowskite, de sphène, etc.

Lherzolite. — Les transformations que j'ai observées dans les calcaires secondaires des Pyrénées au contact des lherzolites ont été des plus imprévues; elles constituent presque les seules données que l'on possède sur le métamorphisme de contact des péridotites. De nombreux minéraux : dipyre, feldspath, micas, amphiboles, pyroxènes, tourmaline, rutile, sphène, quartz, graphite, etc., ont pris naissance dans les calcaires et marnes calcaires qui, suivant leur composition originelle, ont été transformés en marbres à minéraux, en cornéennes, en schistes micacés ou en amphibolites de composition et de structure fort intéressantes. La caractéristique de ces roches métamorphiques est la présence du dipyre auquel s'adjoignent deux minéraux, le mica noir et surtout la *tourmaline*, qui jusqu'alors paraissaient surtout constituer les caractéristiques des contacts de roches granitiques.

L'intensité du métamorphisme dû à la lherzolite ne peut du reste être comparée qu'à celle que le granite développe dans les mêmes conditions.

La production de minéraux riches en alcalis au contact de la lherzolite, roche dépourvue d'alcalis et exclusivement ferromagnésienne, démontre en outre : 1^o que les phénomènes de contact sont le résultat de l'action non pas de la roche éruptive elle-même, mais des émanations qui ont accompagné sa venue ; 2^o que la composition chimique de ces émanations n'est pas liée nécessairement à la composition de la roche éruptive.

Ophites. — Cette deuxième proposition est encore mise en évidence par la description que j'ai faite des phénomènes de contact des ophites qui sont très analogues (mais moins intenses) à ceux de la lherzolite, malgré les grandes différences de composition chimique qui séparent ces deux catégories de roches.

Filons de quartz. — J'ai découvert dans le massif du Saint-Barthélemy (Ariège) des modifications minéralogiques effectuées dans des calcaires magnésiens paléozoïques à leur contact avec des filons de quartz; les salbandes de ceux-ci sont formées par de l'amphibole *trémolite*, localement pseudomorphisée en *talc*. Cette trémolite, par l'abondance et la beauté des échantillons, rappelle celle des gisements du Saint-Gothard. Elle s'est évidemment formée par l'action sur les calcaires des sources hydrothermales qui ont donné naissance aux filons de quartz. Cette observation jette un certain jour sur le mode de formation probable des minéraux métamorphiques des contacts lherzolitiques et ophitiques dans lesquels le dipyre est souvent accompagné de trémolite. J'ai décrit en outre dans les cristaux de quartz de ces filons de très curieux phénomènes de torsion et diverses autres déformations mécaniques.

Roches volcaniques. — Mes travaux sur le métamorphisme des roches éruptives anciennes m'ont conduit à étudier les roches volcaniques au même point de vue. Contrairement à ce qui a lieu pour les roches à structure granitoïde, on ne connaît que de faibles modifications de contact dues aux roches volcaniques. Cela tient au mode d'épanchement de ces dernières et à l'impossibilité où nous nous trouvons de les observer en profondeur.

Mais l'étude des fragments étrangers (granite, gneiss, quartzites, schistes, calcaires sédimentaires, etc.) que les roches volcaniques arrachent dans leur trajet souterrain (je les ai désignés sous le nom d'*enclaves enallogènes*) permet de rechercher comment elles peuvent agir lorsqu'elles se trouvent en contact avec d'autres roches, à haute température et dans les conditions de pression qui paraissent indispensables pour que les agents minéralisateurs qui les accompagnent puissent exercer énergiquement leur action.

Les transformations souvent totales des enclaves, la concentration dans un même gisement d'enclaves, de composition minéralogique et d'origine différentes, rendent cette question difficile. Ce n'est qu'à l'aide d'un nombre considérable de faits particuliers, s'éclairant mutuellement, qu'il est possible d'arriver à des conclusions générales. J'ai pu étudier plus de 3.000 échantillons, recueillis pour la plupart par moi-même dans les régions volcaniques d'Italie, d'Allemagne et surtout du

Plateau Central de la France; ils m'ont fourni une riche moisson de faits inédits. Les résultats de leur étude ont été exposés dans divers mémoires dont l'un a été honoré par l'Académie du prix Vaillant (1892).

Au point de vue de leur action sur leurs enclaves, j'ai divisé les roches volcaniques en deux groupes : les *roches basaltoïdes*, renfermant moins de 55 pour 100 de silice, et les *roches trachytoïdes*, contenant plus de 55 pour 100 de silice.

J'ai montré que les modifications exercées par les roches basaltoïdes sur les enclaves quartzeuses, quartzofeldspathiques et argileuses, sont surtout d'*ordre physique*; elles sont produites par l'action de la chaleur seule. Les éléments des minéraux recristallisés sont fournis par l'enclave elle-même. On observe dans ces conditions des recristallisations de feldspaths, de pyroxènes, fort intéressantes au point de vue de la cristallogénie de ces minéraux, et parfois aussi la production de minéraux nouveaux (cordiérite, spinelle), n'existant pas primitivement dans l'enclave. Les transformations chimiques sont localisées au contact immédiat avec la roche volcanique et produites par le mélange des deux roches.

Les modifications dues aux roches trachytoïdes sont au contraire surtout d'*ordre chimique*; elles se sont effectuées par apport : la vapeur d'eau, les alcalis ou les silicates alcalins semblent avoir joué un rôle prépondérant dans ces modifications qui n'ont pas dû, en général, s'effectuer à une température supérieure à 900°. Elles consistent surtout en production de feldspaths, de pyroxène, de tridymite et de divers minéraux rares (pseudobrookite, fayalite, etc.).

Les différences d'action entre les diverses roches volcaniques s'effacent lorsque l'on considère les enclaves de calcaire, qui sont modifiées d'une façon analogue par toutes les roches volcaniques, comme aussi par toutes les roches granitoïdes. Dans le cas particulier des calcaires rejetés par les volcans de la Somma et du Latium, l'intensité du métamorphisme observé tient à des conditions spéciales qui les ont maintenus pendant longtemps sous l'action de minéralisateurs plus puissants (fluor, chlore) que ceux qui semblent avoir accompagné normalement la plupart des autres roches volcaniques.

Dans un mémoire inséré au *Recueil des Savants étrangers*, j'ai

discuté les analogies et les différences existant entre les phénomènes qui viennent d'être indiqués dans les enclaves et les modifications généralement faibles exercées par la roche volcanique sur les roches en place avec lesquelles elles se trouvent en contact.

2° SILICATES FORMÉS DANS LES SCHISTES HOUILLERS TRANSFORMÉS PAR LES INCENDIES SOUTERRAINS

Les roches houillères du Plateau Central fondues par les incendies souterrains ont depuis longtemps appelé l'attention des géologues et des minéralogistes. Mallard a décrit dans celles de Commentry (Allier) un phosphure de fer (identique à la *rhabdite* des météorites) trouvé dans une roche feldspathique, rappelant certaines laves par sa composition minéralogique et sa structure. En étudiant une série de ces roches que j'ai recueillies à Commentry, j'ai constaté qu'un grand nombre d'entre elles sont constituées par de la *cordiélite*, souvent associée à du spinelle, du pyroxène et parfois de l'anorthite. Cette observation a une importance théorique : elle explique, en effet, le mécanisme de la formation de la cordiélite dans les enclaves schisteuses enallogènes des roches volcaniques basiques en montrant que ce minéral a pu se former par simple fusion de schistes, sans intervention chimique de la roche volcanique englobante.

3° ACTION DE FUMEROLLES VOLCANIQUES SULFURÉES SUR LA SERPENTINE

Les environs de Susaki, près de l'entrée orientale de l'isthme de Corinthe, m'ont fourni l'occasion d'étudier l'action de fumerolles volcaniques (en relation avec une rhyolite) sur des serpentines.

Les modifications de la serpentine ont pour origine première une attaque de cette roche par la vapeur d'eau chargée d'acide sulfurique résultant de l'oxydation de l'hydrogène sulfuré. Il se produit l'élimination de la magnésie sous forme de sulfate soluble (*epsomite*), celle du fer sous forme de sulfate (*mélantérite*), en partie réduit en sulfure (*marca-*

site), celui-ci bientôt à son tour s'oxyde et disparaît à l'état de mélantérite. Ces phénomènes se compliquent de réactions secondaires dues à ce dernier sulfate qui s'oxyde lui-même et agit sur le calcaire pour donner naissance à du gypse et à un sulfate basique de sesquioxyde de fer¹. Le résidu final est exclusivement formé par de la silice hydratée (opale) ou anhydre (quartz, calcédoine).

Il n'est pas sans intérêt de voir la serpentine, roche essentiellement magnésienne et ferrugineuse, fournir, comme résultat *ultime* de sa décomposition sous l'influence de fumerolles volcaniques, les mêmes produits siliceux que les rhyolithes et les trachytes, de composition si différente.

4^e FORMATION ACTUELLE DES ZÉOLITES

La question de l'origine des zéolites attire, de longue date, l'attention des minéralogistes. Leur fréquence dans les roches volcaniques a fait penser, pendant longtemps, qu'une température, relativement élevée, était nécessaire à leur formation. La découverte, faite par Daubrée, de nombreuses zéolites, dans les bétons romains de diverses sources thermales dont la température est inférieure à 100° C., a porté un premier coup à cette théorie. Plus récemment, les dragages du *Challenger* ont rapporté, des profondeurs de l'Océan, des boues volcaniques riches en petits cristaux de *christianite*, formés par la simple action de l'eau de mer sur des roches basiques, à une température voisine de 0°.

Dans les hautes montagnes de l'Ariège, j'ai pu saisir sur le fait la formation *actuelle* de nombreuses zéolites (*chabasie*, *stilbite*, *laumontite*, etc.) par décomposition sur place de roches à feldspaths basiques ou à dipyre : cette décomposition est le résultat de l'action de l'eau presque pure, à la température de la glace fondante (sous les névés) ou à une température qui, dans les ravins voisins de l'étang de Lherz, ne dépasse certainement pas 15° C.

1. Ces dernières réactions, consécutives de la décomposition de la marcasite, sont celles qui, dans l'argile plastique des environs de Paris, donnent naissance au gypse, à l'apatélite et à la websterite.

Cette observation explique l'abondance des zéolites dans les Pyrénées et donne la raison de leur présence constante dans les roches métamorphiques, — dans les calcaires et dans les marnes calcaires jurassiques, modifiées par la lherzolite et les ophites; dans les calcaires métamorphisés par le granite, dans les granites, endomorphisés au contact des calcaires, — enfin dans les ophites dipyrisées de cette région. Toutes ces roches possèdent, en effet, les éléments minéralogiques altérables nécessaires à la formation des zéolites calciques ou sodocalciques, c'est-à-dire des plagioclases basiques et du dipyre, et elles se trouvent très fréquemment, en outre, dans des conditions topographiques et climatiques favorables.

5° TRANSFORMATION DES FELDSPATHS EN DIPYRE

J'ai étudié la transformation des feldspaths tricliniques en dipyre et montré sa généralité dans toutes les roches basiques des Pyrénées. Cette épigénie, dont tous les stades ont été suivis, est le résultat d'une altération lente, se produisant aujourd'hui encore sous l'influence de circulation d'eaux superficielles.

6° MINÉRAUX FORMÉS PAR L'ACTION DE L'EAU DE MER SUR LES SCORIES PLOMBEUSES DU LAURIUM

Les Athéniens, à l'époque de Périclès, ont exploité avec activité les mines du Laurium et traité sur place leurs minerais. Leurs scories, souvent riches en plomb, ont été jetées à la mer. Elles sont aujourd'hui draguées et utilisées pour l'industrie métallurgique locale. Sous l'influence de l'eau de mer, agissant depuis 2000 ans sur le plomb et la galène de ces scories, il s'est produit de nombreux minéraux. Ce sont des sulfates, des carbonates, des oxychlorures de plomb, fort bien cristallisés, dont plusieurs sont connus dans le chapeau de fer des filons plombifères. J'ai étudié récemment ces scories, j'y ai recueilli non seulement de bons cristaux de toutes les espèces antérieurement connues dont j'ai pu compléter l'étude, mais encore quelques espèces nouvelles pour ce curieux gisement.

7° MINÉRAL CRISTALLISÉ FORMÉ AUX DÉPENS D'UN CADAVRE
DANS UN CERCUEIL DE PLOMB

J'ai trouvé dans un cercueil de plomb, datant de 1630, de beaux cristaux d'un phosphate bicalcique hydraté (*metabrushite*). Il a pris naissance par l'action sur les os des produits de la décomposition des organes mous du cadavre. La réaction qui a déterminé la cristallisation de ce produit est probablement analogue à celle qui a permis à M. Armand Gautier d'expliquer la production du même minéral dans la grotte de Minerve; mais, dans le cas que j'ai étudié, on peut affirmer qu'aucun produit étranger n'est intervenu et que le cadavre a fourni tous les éléments de son autominéralisation.

III. ÉTUDES MINÉRALOGIQUES

SUR LES ROCHES

(Pétrographie.)

1^o ROCHES ÉRUPTIVES ANCIENNES

Je me suis particulièrement occupé des *syénites néphéliniques* (syénite éléolithique) que j'ai étudiées en Norvège, au Canada et dans les Pyrénées. Dans une étude sur les gisements des environs de Montréal (Canada) et de Pouzac (Hautes-Pyrénées), j'ai cherché à mettre en relief les détails de composition minéralogique de ces roches, riches en minéraux rares, et les variations de structure qu'elles présentent à leur contact avec les roches sédimentaires qu'elles ont en général profondément modifiées. Aux environs de Montréal, j'ai décrit, en outre, une série de roches éruptives de composition variée (*phonolites, teschenites*, etc.), accompagnant la syénite néphélinique.

Les montagnes du Colorado renferment à San Péter's Dome des roches curieuses très sodiques et riches en minéraux rares : *riebeckite, astrophyllite, pyrochlore*, etc.; j'ai eu l'occasion de les voir en place et en ai donné une brève description.

A la suite des courses effectuées dans l'Ariège pour le service de la Carte géologique, j'ai décrit quelques roches intéressantes de cette région (*granulite à cordiérite, à andalousite*, etc., *péridotite à hornblende*, etc.).

J'ai étudié en détail un petit massif de gabbro à olivine des environs du Pallet (Loire-Inférieure), le seul existant en France; il est remarquable par les variations de composition minéralogique conduisant à des types pétrographiques variés (*gabbro normal, gabbro à olivine, norite, diorite*, etc.).

Dans une note publiée en commun avec M. Michel Lévy, nous avons montré que la *vaugnérîte* de Vaugneray (Rhône) n'est pas une roche spéciale, mais un accident très micacé et amphibolique des granites de la région.

J'ai publié une monographie de la lherzolite des Pyrénées, dans laquelle tous les gisements connus ont été étudiés. J'ai montré leurs variations de composition minéralogique et de structure, et décrit de nombreux types nouveaux de roches dépourvues de feldspath et d'olivine [amphibolites, pyroxénolites (diopsidites, diallagites, bronzitites)] que j'ai découvertes en filons dans la lherzolite elle-même.

2° ROCHES VOLCANIQUES

L'*hypersthène* a été trouvé récemment dans un grand nombre de régions volcaniques. Je l'ai moi-même découvert dans quelques andésites du Cantal ; j'ai en outre décrit des andésites et trachytes à hypersthène de l'Arménie, ainsi que de très remarquables roches à hypersthène (andésites, labradorites, etc.), provenant de la Guadeloupe, de la Martinique et de diverses autres îles des Antilles, et recueillies autrefois par Ch. Sainte-Claire Deville.

Aucune roche basique à néphéline n'avait été rencontrée jusqu'à présent en Auvergne parmi l'énorme quantité de basaltes que l'on observe dans cette région ; j'ai décrit une série de néphélinites et de téphrites à olivine constituant le puy de Saint-Sandoux. Elles offrent de curieux types doléritiques, comparables à ceux bien connus de Meiches. Ils sont en outre remarquables par leur richesse en *ænigmatite*.

Enfin j'ai découvert la leucite dans des roches volcaniques de Trébizonde (Asie Mineure). Le petit nombre de gisements connus de roches à leucite rend cette observation intéressante. Les roches leucitiques de cette ville appartiennent à deux types : les unes sont des leucotéphrites ; les autres, plus basiques, des leucitites à olivine ; ces deux catégories de roches sont accompagnées de tufs riches en enclaves, enallogènes et homœogènes ; ces dernières sont très analogues à celles des tufs leucitiques du Latium.

L'étude des roches basaltiques du Comté d'Antrim, dans le N.-E. de

l'Irlande, m'a permis de montrer combien y était fréquente la structure ophitique qui est très rare, au contraire, dans les roches basiques carbonifères des bords de la Clyde dont j'ai fait voir les variations de composition minéralogique.

Un filon de diabase observé à Dumbarton, dans la même région, m'a fourni l'occasion de faire remarquer l'influence du refroidissement des roches sur leur structure. Ce filon présente en effet du centre aux salbandes, toutes les structures qu'est susceptible de prendre un magma fondu par refroidissement progressif (*structures grenue, ophitique, microlitique, vitreuse*).

Enfin, dans une note publiée en collaboration avec M. Michel Lévy, nous avons décrit les premières roches leucitiques antetertiaires connues en Europe; ce sont des leucotéphrites en coulées dans les tufs du culm du Maconnais; elles sont en relation avec des porphyrites micacées.

3° SUR LES ENCLAVES HOMŒOGÈNES DES ROCHES VOLCANIQUES

Indépendamment des enclaves enallogènes dont il a été question p. 20 au point de vue de l'histoire du métamorphisme, les roches volcaniques amènent au jour des roches à structure grenue qui ont avec elles une analogie de composition minéralogique plus ou moins grande et que pour cela j'ai appelées *enclaves homœogènes*. Elles nous apportent des documents sur la nature des cristallisations effectuées dans la magma volcanique antérieurement à son épanchement.

J'ai montré, dans mon livre sur les enclaves des roches volcaniques, qu'elles établissent dans beaucoup de cas la transition entre la forme profonde et la forme effusive d'un même magma. Ces enclaves sont constituées soit par la totalité des éléments de la roche volcanique englobante, soit par quelques-uns seulement d'entre eux. Dans le premier cas, les enclaves homœogènes sont surtout abondantes dans les roches trachytoïdes, dont chaque type pétrographique renferme des enclaves spéciales: c'est ainsi que, dans les phonolites, elles sont formées par des *sanidinites à néphéline* ou à *sodalite*, dans les trachytes à haüyne par des *sanidinites à noséane*, dans les trachytes domitiques par des *sanidi-*

nites exclusivement feldspathiques, dans les trachytes et andésites à hornblende par des roches analogues aux *diorites*, etc. ; de telle sorte que la seule comparaison des enclaves homœogènes de deux roches volcaniques trachytoïdes est un excellent critérium permettant de mettre en relief les analogies et les différences existant entre ces deux roches.

Les concentrations d'éléments basiques ferrugineux (ségrégations) sont beaucoup moins caractéristiques, ce qui s'explique, du reste, les mêmes minéraux basiques étant communs à toutes ces catégories de roches.

Dans les roches basaltoïdes, les types de ségrégation sont plus communs que les types de composition analogue à celle de la roche englobante.

L'intérêt qui s'attache à ce genre de recherches est mis en évidence par la découverte récente faite aux États-Unis d'une roche intrusive (missourite), forme grenue de la leucitite. Elle a la composition prévue par la théorie et elle est identique à quelques-unes des enclaves homœogènes que j'ai signalées dans les tufs leucitiques du Latium.

4° SCHISTES CRISTALLINS

Dans un mémoire sur les *gneiss à pyroxène* et les *roches à wernérite*, j'ai décrit la composition minéralogique de ces roches que j'ai étudiées en France, en Norvège, en Allemagne, aux États-Unis, etc. J'ai fait voir leur dissémination dans la plupart des régions gneissiques où elles se localisent généralement à la partie supérieure des gneiss proprement dits ; elles sont riches en minéraux rares accessoires et présentent des variations de structure fort remarquables.

J'ai notamment découvert en France d'importants gisements de gneiss à *wernérite* et montré l'importance des minéraux du groupe de la wernérite dans la constitution des roches alors qu'on les avait toujours considérés comme n'y étant qu'accidentels. Ces roches à wernérite sont le plus souvent en relation avec des cipolins dont elles forment fréquemment les salbandes.

A l'occasion de ces roches spéciales, j'ai en outre étudié en détail la composition minéralogique des roches gneissiques de Ceylan et d'une

partie de la résidence de Madras (Indes anglaises), recueillies autrefois par le voyageur Leschenault.

Dans mes voyages en Scandinavie et en Amérique, j'ai particulièrement étudié les cipolins intercalés dans les gneiss ; ces roches constituent, on le sait, un des gisements minéralogiques les plus riches. J'ai découvert dans les Pyrénées (Ariège) des gisements analogues ; aux environs de Tarascon, à Mercus et à Arignac, ces cipolins renferment en abondance considérable les minéraux suivants : *humite*, *clinohumite*, *péridot*, *spinelle*, *pargasite*, *rutile*, *phlogopite*, etc., se réunissant parfois pour former des bancs silicatés fort remarquables. Ces minéraux présentent une grande analogie avec ceux des gisements étrangers cités plus haut.

Les cipolins dont il vient d'être question sont, dans plusieurs points de l'Ariège, associés à des gneiss à wernérite.

Les élogites de la Loire-Inférieure sont connues depuis Haüy ; j'ai publié leur monographie et montré leurs variations de structure, de composition minéralogique et leur extension en Bretagne ainsi qu'en Vendée.

Ces roches pyroxéniques et grenatifères, fort curieuses au point de vue minéralogique, se trouvent dans la série cristallophyllienne, à un niveau plus élevé que les gneiss à pyroxène dont il a été question plus haut.

J'ai décrit une série de roches amphiboliques provenant de Blekka et Dalane en Norvège, où elles sont traversées par des filons métallifères (sulfure de bismuth, cuivre et argent natif, etc.).

Enfin mon récent voyage en Orient m'a fourni l'occasion d'étudier une très curieuse série de schistes verts très métamorphiques intercalés dans les marbres blancs de l'île de Polycandros, l'une des Cyclades. Ce sont des chloritoschistes ou des schistes amphiboliques avec ou sans diopside et glaucophane présentant des accidents minéralogiques remarquables ou nouveaux, tels que des amphibolites à riebeckite et à œgyrine, des calcschistes à œgyrine, des schistes à chloritoïde.

II. GÉOLOGIE

Mes travaux géologiques ont été particulièrement effectués dans les Pyrénées pour le compte du service de la Carte géologique détaillée de la France ainsi qu'à l'étranger au cours de mes diverses missions et voyages.

Dans les Pyrénées, j'ai fait l'étude du massif gneissique du Labourd (*feuilles de Bayonne et de Saint-Jean-Pied-de-Port de la carte d'état-major*) et entrepris celle des schistes cristallins et des roches éruptives des Hautes-Pyrénées, de la Haute-Garonne, de l'Ariège, de l'Aude et des Pyrénées-Orientales. Les *feuilles de Foix, de l'Hospitalet, de Prades, de Quillan et de Luz* ont été particulièrement étudiées.

Ce sont ces explorations qui m'ont fourni les principaux matériaux des mémoires minéralogiques qui sont énumérés plus haut, aussi me contenterai-je d'appeler ici l'attention sur quelques sujets plus spécialement géologiques.

1° NATURE INTRUSIVE ET AGE DE LA LHERZOLITE

J'ai montré que les conglomérats qui accompagnent la lherzolite dans beaucoup de ses gisements pyrénéens ne sont pas des brèches de friction comme on l'admettait généralement et ne prouvent rien au sujet de la nature éruptive de la lherzolite. Ils constituent au contraire le premier terme des assises sédimentaires qui recouvrent la lherzolithe. La découverte de phénomènes métamorphiques remarquables, signalés p. 19, démontre d'une part la nature éruptive de la lherzolite et d'une autre

sa postériorité au lias moyen ; de plus, j'ai trouvé cette même roche en galets dans les calcaires attribués au jurassique supérieur par les stratigraphes qui ont étudié cette région, ce qui fixe l'âge de la lherzolite.

2° GRANITE PRÉTENDU POSTCRÉTACÉ DES PYRÉNÉES

L'examen des gisements célèbres dans lesquels ont été signalés des granites perçant le jurassique et même le crétacé (Ercé et le port de Saleix dans l'Ariège — Saint-Paul-de-Fenouillet dans les Pyrénées-Orientales) m'a permis de montrer, à l'aide d'arguments stratigraphiques et minéralogiques, que ces granites sont nettement antérieurs à ces assises sédimentaires.

Les arguments stratigraphiques consistent dans la découverte de galets ou de sable granitique dans les assises mêmes qui étaient considérées comme antegranitiques.

Les arguments minéralogiques sont tirés de l'absence complète de transformations métamorphiques, constatée dans le calcaire secondaire, alors que les calcaires et les schistes paléozoïques en contact avec les mêmes massifs granitiques (et cela à une très petite distance du contact avec le secondaire) présentent les phénomènes métamorphiques grandioses dont il a été question plus haut.

3° TUF VOLCANIQUES JURASSIQUES DE L'ARIÈGE

Des tufs ophitiques intercalés entre l'infra lias et le lias supérieur avaient été signalés à Ségalas, près Castelnau-Durban, par MM. de Lacvivier et Roussel. Par une étude attentive de ces tufs, j'ai pu montrer qu'ils différaient radicalement de tous les conglomérats ophitiques des Pyrénées. Ce sont de véritables tufs volcaniques offrant les caractères minéralogiques et la structure des tufs basaltiques d'Auvergne. Ils sont constitués par des cendres de labradorites cimentées par du calcaire. Ces cendres renferment un grand nombre de blocs de projection de nature variée : scories, bombes de lave bulleuse ou compacte présentant souvent

un noyau formé par un fragment calcaire infraliasique ou triasique, labradorites à structure microlitique ou ophitique, calcaire sédimentaire, etc. L'étude microscopique permet de montrer le passage entre les plus cristallines de ces bombes et les roches ophitiques en place dans la région. Celles-ci constituent sans doute les coulées du cratère ayant produit les projections de Ségalas. Ces roches ophitiques diffèrent du reste des autres ophites des Pyrénées par l'existence d'un peu de verre.

L'absence de transformations métamorphiques dans les enclaves calcaires des bombes de Ségalas est à opposer à l'intensité du métamorphisme que subissent ces mêmes calcaires au contact de roches ophitiques de même composition observées dans d'autres régions pyrénéennes.

Il faut donc admettre au point de vue du mode de mise en place deux catégories d'ophite, les unes nettement volcaniques dont la région de Ségalas constitue le premier exemple, les autres intrusives ayant agi sur le calcaire et les marnes secondaires à la façon de la lherzolite. L'existence de *volcans infraliasiques* dans les Pyrénées est un fait désormais démontré.

4° SUR LA RÉGION VOLCANIQUE LEUCITIQUE DE TRÉBIZONDE (ASIE MINEURE)

Les régions volcaniques leucitiques sont peu nombreuses. J'ai eu l'occasion d'en signaler une nouvelle constituée par le territoire même de la ville de Trébizonde. Un récent voyage m'a permis d'y constater une complexité plus grande que ne le faisait supposer le premier travail que j'ai publié sur ce sujet. On y trouve en effet des phonolites, des andésites, des leucotéphrites accompagnées de tufs très épais, puis des leucitites à olivine associées elles-mêmes à des tufs. La seule notion d'âge que j'ai pu recueillir consiste dans l'existence dans ces tufs de blocs de calcaire crétacé.

A 20 kilomètres à l'ouest de Trébizonde, j'ai trouvé des coulées de basalte, recouvertes par des calcaires oolithiques, renfermant des débris d'*halitherium*, d'âge probablement miocène inférieur.

5° SUR LA DÉCOUVERTE D'EMPREINTES VÉGÉTALES DANS LES TUFES VOLCANIQUES
DE L'ÎLE DE THÉRA (SANTORIN)

M. Fouqué a montré autrefois que la grande explosion qui a creusé la baie de Santorin est postérieure à l'installation de l'homme dans l'île de Théra; en effet, sous les ponces blanches datant de cette explosion, il a trouvé des constructions bâties sur la lave ancienne; elles renfermaient des poteries, des instruments en silex datant d'une période préhistorique.

C'est à 15 mètres au-dessous de cette lave ancienne que nous avons trouvé, l'an dernier, à Kato-Phira, un lit de cendres noires d'origine subaérienne, extrêmement riche en empreintes parfaitement conservées de feuilles de palmiers (*Chamærops humilis*, dattier), d'olivier et de lentisque, plantes qui actuellement ne vivent plus à l'état spontané dans l'île, mais ont reculé vers le sud.

Cette observation apporte quelques éléments nouveaux sur l'histoire de ces majestueuses éruptions volcaniques qui, entre le pliocène supérieur et l'époque préhistorique, ont construit l'île de Théra. Elles montrent que ces éruptions n'ont pas été continues, puisque, entre deux d'entre elles, il a pu se développer, sur les matériaux volcaniques, une active végétation. L'absence de vestiges d'industrie humaine dans les couches fossilifères, l'abondance de palmiers nains nuisibles aux cultures, font penser que la flore de Kato-Phira était spontanée et qu'elle correspond vraisemblablement à une période où l'île était inculte. Elle serait probablement antérieure à l'arrivée de l'homme; mais elle est, en tout cas, au point de vue botanique, le prélude de la flore de la période préhistorique.

TITRES ET FONCTIONS

1887. Préparateur au Collège de France.
1888. Collaborateur adjoint au service de la Carte géologique détaillée de la France.
1889. Docteur ès sciences.
Chargé de conférences de Minéralogie appliquée à l'étude des roches (*Laboratoires des Hautes-Études du Collège de France, puis (1891) de la Faculté des Sciences*).
1890. Répétiteur à l'École pratique des Hautes-Études.
1893. Professeur de Minéralogie au Muséum d'histoire naturelle.
1895. Membre du Comité des Travaux historiques et scientifiques.
1896. Directeur d'un laboratoire de l'école pratique des Hautes-Études.
-

DISTINCTIONS HONORIFIQUES

1892. Lauréat de l'Institut (prix Vaillant).
1895. Président de la Société française de Minéralogie.

MISSIONS SCIENTIFIQUES

1884. Irlande, Écosse et Angleterre.

1885. Norvège, Suède et Ile de Gotland.

1887. Italie, Sardaigne, Ile d'Elbe.

(Missions de l'École des Hautes-Études.)

1888. Amérique du Nord. (Canada, États-Unis : côte de l'Atlantique, région des Lacs, Montagnes Rocheuses, Yellowstone-Park, Colorado, etc.)

(Mission du Ministère de l'Instruction publique et du Muséum d'histoire naturelle.)

1891. Allemagne.

(Mission du Ministère de l'Instruction publique.)

1895. Grèce et Asie Mineure.

(Mission du Ministère de l'Instruction publique.)

LISTE DES OUVRAGES ET MÉMOIRES

PUBLIÉS PAR M. A. LACROIX

Minéralogie de la France et de ses colonies, 1893-95, Paris, Baudry, tome I, 1 vol. in-8, xx-724 p., avec nombreuses fig. dans le texte. — II, 1^{re} partie, 1896, 1 vol. in-8, 352 p., avec nombreuses fig. dans le texte. 2^e partie, 1897 (sous presse), 1 vol., 400 p., avec nombreuses figures dans le texte.

Les enclaves des roches volcaniques, 1893, Mâcon, 1 vol., 770 p., avec 35 fig. dans le texte et 8 pl. en couleur.

Les Minéraux des roches (*en commun avec M. Michel Lévy*), 1888, Paris, Baudry, 1 vol. in-8, 334 p.

Tableaux des Minéraux des roches (*en commun avec M. Michel Lévy*), 1889, Paris, Baudry.

MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS

1. Étude sur le Métamorphisme des Roches volcaniques, t. XXXI, n° 7, 1894.

COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

2. Sur le diagnostic des zéolites en l'absence de formes cristallines déterminables, CI (1885), 74.
3. Examen optique de quelques minéraux peu connus, CI, 1165.

4. Sur les propriétés optiques de quelques minéraux fibreux et de quelques espèces critiques, CII (1886), 273.
5. Sur les roches basaltiques du comté d'Antrim (Irlande), CII, 453.
6. Sur les propriétés optiques de quelques minéraux, CII, 643.
7. Sur les anthophyllites, CII, 1326.
8. Examen pétrographique d'une diabase carbonifère des environs de Dumbarton (Écosse), CIII, 824.
9. Description d'une variété de carphosidérite. Propriétés optiques de ce minéral, CIII, 1037.
10. Examen critique de quelques minéraux, CIV (1887), 99.
11. Description d'une thomsonite lamellaire de Bishopton (Renfrewshire), CIV, 234.
12. Sur une épidote blanche du Canal de Beagle (Terre de Feu), CIV, 236.
13. Sur les variations de composition des porphyrites carbonifères du Renfrewshire (Écosse), IV, 828.
14. Étude pétrographique d'un gabbro à olivine de la Loire-Inférieure, CIV, 870.
15. Note sur une roche à wernérite granulitique des environs de Saint-Nazaire, CIV, 1011.
16. Sur la bobierite, CVI (1888), 631.
17. Réfringence et biréfringence de quelques minéraux des roches (*en commun avec M. Michel Lévy*), CVI, 777.
18. Sur la syénite éléolithique de Pouzac (Hautes-Pyrénées), CVI, 1031.
19. Sur un nouveau gisement de dumortiérite (*en commun avec M. Michel Lévy*), CVI, 1546.
20. Étude pétrographique des gneiss de Ceylan et du district de Salem, CVIII (1889), 375.
21. Études des phénomènes de contact de la granulite et des gneiss pyroxéniques de la Loire-Inférieure, CVIII, 539.
22. Étude sur un sulfate de baryte naturel monoclinique et dimorphe de la barytine, CVIII, 1126.
23. Sur une roche à amphibole sodifère (riebeckite), astrophyllite, pyrochlore et zircon du Colorado, CIX, 39.

24. Sur l'existence de nombreuses zéolites dans les roches gneissiques de la Haute-Ariège. CIX, 717.
25. Sur les cipolins à minéraux et les roches à wernérite de l'Ariège, CX (1890), 54.
26. Sur l'existence de roches à leucite dans l'Asie Mineure et sur quelques roches à hypersthène du Caucase, CX, 302.
27. Sur les zéolites des gneiss de Cambo (Basses-Pyrénées), CX, 967.
28. Sur les phénomènes de contact de la syénite éléolithique de Pouzac (Hautes-Pyrénées) et sur la transformation en dipyre du feldspath de la roche ophitique du même gisement, CX, 1011.
29. Sur la syénite éléolithique de Montréal (Canada) et sur les modifications de contact endomorphes et exomorphes de cette roche, CX, 1152.
30. Sur les andésites et labradorites à hypersthène de la Guadeloupe, CX, 1347.
31. Caractères cristallographiques et optiques du pyroxène obtenu par M. Daubrée dans l'eau surchauffée, CX, 1375.
32. Sur la composition minéralogique des roches volcaniques de la Martinique et de l'île de Saba, CXI, 71.
33. Sur une roche éruptive de l'Ariège et sur la transformation des feldspaths en wernérite, CXI, 803.
34. Indices de réfraction principaux de l'anorthite (*en commun avec M. Michel Lévy*), CXI, 846.
35. Sur les enclaves du trachyte de Menet (Cantal), sur leurs modifications et leur origine, CXI, 1003.
36. Conclusions auxquelles conduit l'étude des enclaves des trachytes du Mont-Dore, CXII (1891), 253.
37. Sur les enclaves des syénites néphéliniques du Heggau. Conclusions à en tirer, CXII, 1323.
38. Sur les granites prétendus post-crétacés de l'Ariège (Feuille de Foix), CXII, 1468.
39. Sur l'existence de la leucite en veinules dans un basalte du Mont-Dore, CXIII, 751.

40. Sur la formation de cordiérite dans les roches sédimentaires fondues par les incendies des houillères de Commentry (Allier), CXIII, 1060.
41. Sur l'existence de zéolites dans les calcaires jurassiques de l'Ariège et sur la dissémination de ces minéraux dans les Pyrénées, CXIV (1892), 377.
42. Sur les relations existant entre la forme et la nature des gisements de l'andalousite de l'Ariège, CXIV, 955.
43. Application des propriétés optiques des minéraux à l'étude des enclaves des roches volcaniques, CXIV, 1250.
44. Sur la diopside du Congo français, CXIV, 1384.
45. Sur l'axinite des Pyrénées, ses formes et les conditions de son gisement, CXV, 736.
46. Sur les modifications minéralogiques effectuées par la lherzolite sur les calcaires jurassiques de l'Ariège. Conclusions à en tirer au point de vue de l'histoire de cette roche éruptive, CXV, 974.
47. Sur les roches basiques à néphéline du Plateau central de la France, CXVI (1893), 1075.
48. Sur la phénacite de Saint-Christophe-en-Oisans (*en commun avec M. Des Cloizeaux*), CXVI, 1231.
49. Sur quelques minéraux de la Nouvelle-Calédonie, CXVIII (1894), 551.
50. Sur les phénomènes de contact de la lherzolite des Pyrénées, CXX, (1895), 339.
51. Considérations sur le métamorphisme auxquelles conduit l'étude des phénomènes de contact de la lherzolite des Pyrénées, CXX, 388.
52. Sur les roches basiques constituant des filons minces dans la lherzolite des Pyrénées, CXX, 752.
53. Sur la structure et les propriétés optiques de divers silicates compacts ou terreux, CXXI, 737.
54. Les tufs volcaniques de Ségalas (Ariège). Conclusions à tirer de leur étude au sujet de l'origine des ophites, CXXII (1896), 146.
55. Sur les minéraux rares du glacier de la Meij (Hautes-Alpes), CXXII, 1429.

56. Sur les cristaux de topaze du royaume de Perak (*en commun avec M. Sol*), CXXIII, 135.
57. Sur la découverte d'un gisement d'empreintes végétales dans les cendres volcaniques anciennes de l'île de Théra (Santorin), CXXIII, 656.
58. Sur la formation actuelle de zéolites sous l'influence du ruissellement superficiel, CXXIII, 761.
59. Les minéraux néogènes des scories plumbeuses athéniennes du Laurium, CXXIII, 955.
60. Les transformations endomorphes du magma granitique de la Haute-Ariège au contact de calcaires, CXXIII, 1021.
61. Sur le minéral cristallisé formé dans un cercueil de plomb aux dépens d'un cadavre, CXXIV (1897), 419.
62. Étude minéralogique de l'action des fumerolles volcaniques sulfurées sur la serpentine, CXXIV, 513.
63. Sur la constitution minéralogique de l'île de Polycandros, CXXIV, 628.

NOUVELLES ARCHIVES DU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

64. Étude de la lherzolite des Pyrénées, t. VI (1894), p. 209-308, avec 6 pl.

BULLETIN DU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

65. Sur quelques minéraux des mines du Boléo (Californie), I (1895), 39.
66. Sur la structure cristalline et les propriétés optiques de la magnésite (écume de mer), I, 73.
67. Sur une pseudomorphose régulière de pyrrhotine en marcasite, II (1896), 357.
68. Sur la minéralogie des cadavres, III (1897), 143

BULLETIN DES SERVICES DE LA CARTE GÉOLOGIQUE
DÉTAILLÉE DE LA FRANCE

69. Contributions à l'étude des roches métamorphiques et éruptives de la Haute-Ariège, II (1890), n° 11, 1 à 24.
70. Sur les enclaves acides des roches volcaniques d'Auvergne, id., 25 à 56.
71. Les phénomènes de contact de la lherzolite et de quelques ophites des Pyrénées, VI (1895), n° 42, 140 p., 21 fig. et 3 pl.
72. Leucotéphrite à pyroxène de la base du culm du Mâconnais (*en commun avec M. Michel Lévy*), VII, n° 45, 14 p. et 3 pl.
73. Phénomènes de contact de la lherzolite et des diabases ophitiques, VIII, nos 53, 131.
74. Tufs volcaniques en liaison avec des ophites, VIII, 133.
75. Phénomènes de contact du granite, VIII, 134.
76. Granite prétendu postcrétacé des Pyrénées-Orientales, VIII, 136.

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE MINÉRALOGIE

77. Note sur la mélanite de Lantigné (Rhône), IV (1881), 84.
78. Sur la wulfénite du Beaujolais, VI (1883), 80.
79. Sur la production artificielle de cristaux de gypse, VI, 173.
80. Sur la formation accidentelle de cristaux de cérusite (etc.) sur des monnaies romaines, VI, 175.
81. Sur les cristaux d'olivine des sables de projection de la plaine des Sables (Ile Bourbon), VII (1884), 172.
82. Sur les cristaux de volnyne de Chizeuil, VII, 174.
83. Sur la greenockite de quelques localités nouvelles (Pierrefitte, Wanlockhead, Laurium), VII, 463.
84. Sur la présence de la carpholite, de la buratite et de la calédonite dans le Beaujolais, VII, 461.
85. Sur un hydrocarbonate de plomb (hydrocérusite de Wanlockhead) (Écosse), VIII (1885), 35.

86. Sur la plombocalcite de Wanlockhead, VIII, 36.
 87. Sur les formes et les propriétés optiques de la barytine de Romanèche, VIII, 39.
 88. Sur deux variétés de göthite de Chizeuil et de Romanèche, VIII, 41.
 89. Sur l'harmotome de Bowling (Écosse), VIII, 94.
 90. Sur la harringtonite, VIII, 96.
 91. Sur la bowlingite et sur une chlorite des porphyrites labradoriques d'Écosse, VIII, 97.
 92. Sur les inclusions de la phlogopite de Templeton (Canada), VIII, 99.
 93. Sur le diagnostic des zéolites en l'absence des formes cristallines déterminables, VIII, 324 à 367.
 94. Note sur la kirwanite et la hullite, VIII, 428.
 95. Propriétés optiques de la botryolite, VIII, 433.
 96. Identité de la dréélite et de la barytine, VIII, 435.
 97. Note sur le saphir de la Mercredière (Loire-Inférieure), VIII, 440.
 98. Propriétés optiques de l'arséniosidélite, IX (1886), 3.
 99. Propriétés optiques de quelques minéraux (wavellite, variscite, planérite, davreuxite), IX, 4.
 100. Examen optique de l'hydrotéphroïte et de l'anthophyllite hydratée, IX, 6.
 101. Propriétés optiques de la grünerite de Collobrières (Var), IX, 40.
 102. Propriétés optiques du chloritoïde; son identité avec la sismondine, la masonite, l'ottrélite, la vénasquite et la phyllite, IX, 42.
 103. Étude minéralogique du gabbro de Saint-Clément (Puy-de-Dôme), IX, 46.
 104. Sur un minéral probablement nouveau du guano du Pérou, IX, 51.
 105. Propriétés optiques de la warwickite, IX, 74.
 106. Propriétés optiques de la withamite (pléochroïsme de la thulite), IX, 75.
 107. Contributions à la connaissance des propriétés optiques de quelques minéraux (xantholite, scoulérite, chalilite), IX, 78.
 108. Notes sur les minéraux du groupe de la humite des calcaires métamorphiques (*en commun avec M. Michel Lévy*), IX, 81.
 109. Sur l'albite des pegmatites de Norvège, IX, 131.
- *

110. Sur le granite à amphibole de Vaugneray (Rhône) (*en commun avec M. Michel Lévy*), X (1887), 27.
111. Étude critique de minéralogie : I, carphosidérite ; II, villarsite ; III, ptérolite ; IV, grängésite ; V, gamsigradite ; VI, chlorastrolite ; VII, gyrolite ; VIII, épidote ; IX, zéolites ; X, 142.
112. Note sur la composition pétrographique des roches de Blekka et de Dalane (Norvège), X, 152.
113. Note sur un mode de reproduction du corindon, X, 157.
114. Propriétés optiques de l'alunite, X, 169.
115. Sur une pyroxénite à wernérite du Point-du-Jour (*en commun avec M. Baret*), X, 288.
116. Note sur un gisement français d'allanite (*en commun avec M. Michel Lévy*), XI (1888), 65.
117. Sur un nouveau gisement de gadolinite, XI, 68.
118. Matériaux pour la minéralogie de la France : I, albite de Pouzac (Hautes-Pyrénées) ; II, orthose de Matour (Saône-et-Loire) ; III, rutile des schistes du Mont-Cenis ; XI, 70.
119. Matériaux pour la minéralogie de la France : IV, piémontite de l'Ile de Groix, XI, 148.
120. Sur une association de sillimanite et d'andalousite, XI, 150.
121. Sur l'andalousite et la sillimanite de la vallée de Barousse (Hautes-Pyrénées), XII (1889), 59.
122. Contributions à l'étude des gneiss à pyroxène et des roches à wernérite (*thèse de doctorat ès sciences*), XII, 83 à 360, avec 62 fig. et 2 pl.
123. Sur un nouveau gisement français de bertrandite, XII, 514.
124. Note sur des cristaux artificiels de gypse, maclés suivant $a^{1/2}$, XIII, 515.
125. Matériaux pour la minéralogie de la France : V, humites, spinelles, corindon, pargasite, wernérite d'Arignac et Mercus (Ariège) ; VI, cordiérite de l'Ariège ; VII, andalousite de l'Ariège ; VIII, corindon du col de Cadènes (Ariège), idocrase des environs d'Ax (Ariège) ; IX, wollastonite, idocrase, grenat des Argentières, près Aulus (Ariège) ; X, laumonite d'Ax ; XI, stilbite, heulandite, laumonite du massif de Saint-Barthélemy (Ariège) ; XII, 517.

126. Sur quelques minéraux de la Loire-Inférieure (*en commun avec M. Baret*) : bertrandite (gisement nouveau), apatite de Barbin, béryl, ilménite, chlorite (ripidolite, helminthe), magnétite à cli-vages octaédriques, sphène, heulandite, prehnite, grenat grossu-laire, feldspaths, XII, 527.
127. Sur une roche à diaspore de la Haute-Loire, XIII (1890), 7.
128. Sur la forme cristalline de la carphosidérîte ; nouveau gisement de ce minéral, XIII, 8.
129. Sur les propriétés optiques de la crocidolite et la diffusion de ce minéral, XIII, 10.
130. Sur les propriétés optiques du titanolivine, XIII, 15.
131. Si l'origine du zircon et du corindon de la Haute-Loire, et sur les enclaves de gneiss et de granulites des roches volcaniques du Plateau Central, XIII, 100.
132. Sur la fayalite des enclaves volcaniques des trachytes du Capucin (Mont-Dore), XIV (1891), 10.
133. Sur l'existence de la lâvenite dans les phonolites néphéliniques de la Haute-Loire, XIV, 15.
134. Sur la transformation du feldspath en dipyre, XIV, 16.
135. Sur l'existence de la christobalite, associée au quartz et à la tri-dymite, comme minéral de nouvelle formation dans les enclaves de Mayen (Eifel), XIV, 185.
136. Note préliminaire sur un minéral nouveau de Montebbras (Creuse), XIV, 187.
137. Sur la brookite et l'anatase de quelques roches françaises, XIV, 191.
138. Sur un nouveau gisement de bertrandite dans la Loire-Infé-rieure (*en commun avec M. Baret*), XIV, 189.
139. Sur les déformations subies par les cristaux de quartz des filons de Pitourlès-en-Lordat (Ariège) et sur les minéraux formés par l'action de ces filons sur les calcaires paléozoïques, XIV, 306.
140. Sur les minéraux des sanidinites du Plateau Central de la France, XIV, 314.
141. Matériaux pour la minéralogie de la France : XII, leucite de la Banne-d'Ordanche; XIII, christianite et mésotype de Montau-

- dou; XIV, christianite des sanidinites de Monac; XV, mésotype du puy de la Garde; XVI, chabasia et christianite d'Araules; XVII, analcime du puy Griou; XVIII, zircon et sphène d'Itsatsou; XIX, vivianite d'Arraunts; XX, molybdénite de Droiturier; XXI, kermès d'Allemont; XXII, pyrite de Prades (Ariège); XXIII, pyrite d'Hasparren; XIV, 318.
142. Sur la magnésioferrite du roc de Cuzeau (Mont-Dore), XV (1892), 41.
143. Sur deux gisements de pérowskite, XVI (1893), 225.
144. Phénacite de Saint-Christophe-en-Oisans (*en commun avec M. Des Cloizeaux*), XVII (1894), 33.
145. Matériaux pour la minéralogie de la France: XXIV, libethenite de Montebas (Creuse); XXV, lunnite, cuprite et cuivre natif d'Alban-la-Fraysse (Tarn); XXVI, vivianite et sidérose du Pouldu-en-Caurel (Côtes-du-Nord); XXVII, cassitérite de quelques gisements français; XXVIII, apatite des environs de Montbrison (Loire); XXIX, roches basiques à néphéline, zéolites et corindon du puy de Saint-Sandoux (Puy-de-Dôme); XXX, béryl, grenat et tourmaline de la haute vallée de l'Ariège (Ariège); XXXI, béryl du pic du Midi de Bigorre; XXXII, ripidolite de l'Ariège; XVII, 36.
146. Note préliminaire sur les minéraux de la vallée du Diahot (Nouvelle-Calédonie), XVII, 49.
147. Note additionnelle sur la pyromorphite de la Nouvelle-Calédonie, XVII, 120.
148. Sur une roche à leucite carbonifère du Mâconnais, XVIII (1895), 24 (*en commun avec M. Michel Lévy*).
149. Sur la structure et les propriétés optiques de divers silicates compacts ou terreux, XVIII, 426.
150. Sur la formation secondaire d'amphibole orthorhombique dans deux remarquables gisements du Plateau Central, XIX (1896), 67.
151. Sur la structure des cristaux de mésotype et d'édingtonite, XIX, 422.
152. Sur la gonnardite, XIX, 426.

- 153. Sur les propriétés optiques de quelques cristaux d'harmotome, XIX, 430.
- 154. Sur la brushite et la métabrushite, XX (1897), 412.
- 155. Matériaux pour la minéralogie de la France, XXXIII. Cinabre de Réalmont (Tarn), XXXIV. Kaolinite cristallisée de Saint-Mary-le-Plain (Cantal), XXIV, 418.
- 156. Sur l'existence de l'ouwarowite dans l'île de Skyros, XXIV, 420.
- 157. Sur la lawsonite de Corse, XXIV, 472.

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

- 158. Description des syénites néphéliniques de Pouzac (Hautes-Pyrénées) et de Montréal (Canada), et de leurs phénomènes de contact, XVIII (1890), 511 à 558, et 4 pl.
- 159. Sur les enclaves des trachytes du Mont-Dore et en particulier sur les enclaves de roches volcaniques, XVIII, 845, et 2 pl.
- 160. Sur les enclaves des phonolites du Mont-Dore, XVIII, 872.
- 161. Sur les enclaves des basaltes du Mont-Dore et sur un phénomène de contact du basalte et du granite, XVIII, 874.
- 162. Sur les andésites à hypersthène du Cantal, XVIII, 881.
- 163. Sur les roches à leucite de Trébizonde (Asie Mineure), XIX (1891), 732.
- 164. Note sur quelques roches d'Arménie, XIX, 741.

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES
DE L'OUEST DE LA FRANCE

- 165. Étude pétrographique des éclogites de la Loire-Inférieure, I (1891), 81 à 114, et 2 pl.
- 166. Description des gneiss à pyroxène de Bretagne et des cipolins qui leur sont associés, I, 173 à 220.

GEOLOGISKA FÖRENINGENS I STOCKHOLM FÖRHANDLINGAR

167. Bidrag af Thaumazit, XI (1886), 35.

RECORDS OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF INDIA

168. Contributions to the study of the Pyroxen-varieties of gneiss and of the scapolite-bearing rocks. — Ceylon and Salem, XXIV (1891), 155 à 200, et 1 pl.

ANNALES DE L'ACADÉMIE DE MACON

169. Les enclaves des roches volcaniques (1893). (Voir plus haut.)

TABLE DES MATIÈRES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

INTRODUCTION.....	
-------------------	--

I. MINÉRALOGIE

I. MINÉRALOGIE GÉNÉRALE

1° Minéralogie de la France et de ses colonies.....	5
2° Étude des propriétés optiques des minéraux.....	6
3° Études cristallographiques.....	8
4° Étude d'espèces critiques.....	9
5° Description des minéraux nouveaux ou peu connus.....	10
6° Mémoire sur les minéraux du groupe des wernérites.....	11
7° Mémoire sur les minéraux du groupe des zéolites.....	12
8° Étude de divers minéraux.....	13

II. ÉTUDES SUR LA FORMATION DES MINÉRAUX

1° Métamorphisme de contact.....	16
Métamorphisme endomorphe du granite.....	16
Métamorphisme exomorphe.....	18
2° Silicates formés dans les schistes houillers transformés par les incendies souterrains.....	22
3° Action de fumerolles volcaniques sulfurées sur la serpentine.....	22
4° Formation actuelle des zéolites.....	23
5° Transformation des feldspaths en dipyre.....	24
6° Minéraux formés par l'action de l'eau de mer sur les scories plumbeuses du Laurium.....	24
7° Minéral cristallisé formé aux dépens d'un cadavre dans un cercueil plombé...	25

III. ÉTUDES MINÉRALOGIQUES SUR LES ROCHES

(*Pétrographie.*)

1° Roches éruptives anciennes.....	26
2° Roches volcaniques.....	27
3° Sur les enclaves homœogènes des roches volcaniques.....	28
4° Schistes cristallins.....	29

II. GÉOLOGIE

1° Nature intrusive et âge de la lherzolite.....	31
2° Granite prétendu postcrétacé des Pyrénées.....	32
3° Tufs volcaniques jurassiques de l'Ariège.....	32
4° Sur la région volcanique leucitique de Trébizonde (Asie Mineure).....	33
5° Sur la découverte d'empreintes végétales dans les tufs volcaniques de l'île de Théra (Santorin).....	34
TITRES ET FONCTIONS.....	35
DISTINCTIONS HONORIFIQUES.....	35
MISSIONS SCIENTIFIQUES.....	36
LISTE DES OUVRAGES PUBLIÉS PAR M. A. LACROIX.....	37



